

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-68711

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 03 H 9/17  
3/02

識別記号

庁内整理番号

7190-5J  
7190-5J

⑭ 公開 昭和60年(1985)4月19日

審査請求 有 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 圧電薄膜共振子

⑯ 特 願 昭58-176269

⑰ 出 願 昭58(1983)9月26日

⑱ 発 明 者 鈴木 仁 川崎市幸区小向東芝町1 東京芝浦電気株式会社総合研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社東芝 川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁理士 則近 憲佑 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

圧電薄膜共振子

2. 特許請求の範囲

少なくとも一面に窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )を主成分とする薄膜を積層したシリコン(Si)基板を、他面から積層面に向つて中央部を凹内に加工した振動子支持体と、この振動子支持体の窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )を主成分とする薄膜上に、少なくとも圧電膜を含んで形成した圧電体と、この圧電体を励振させる電極と、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )を主成分とし、少なくとも前記圧電体を覆う被覆体とから成る圧電薄膜共振子。

3. 発明の詳細な説明

(発明の属する技術分野)

本発明は圧電薄膜共振子に関し、詳しく言えば半導体結晶基板を用いた圧電薄膜共振子に関する。

(発明の技術的背景とその問題点)

近年、材料技術や加工技術の進歩に伴ない電子部品の集積化が進み、その集積度も大規模なもの

となつている。

しかしながら共振子やフィルタ等受動部品についての集積化は遅れており、通信機器あるいはOA機器等の応用分野において、VHFあるいはUHF帯域で使用可能な小型の共振子の出現が望まれている。

従来、共振子やフィルタとして水晶等圧電基板の厚み縦振動を利用したものが実用化され多く使用されている。ところが、この圧電基板の基本厚み振動を利用した素子は、加工技術上及び圧電基板の機械的強度の制約から圧電基板の厚みをせいぜい数十 $\mu\text{m}$ 程度とするにとどまり、したがつて利用可能な共振周波数も数十MHzが殆んど限界となつていた。それ以上の周波数を必要とする場合には、高次厚み振動を利用することとなるが、高次になると励振効率や尖鋭度Qが低下するため使用しにくく実用的でなかつた。

これに対し、最近、厚み振動等の基本モードあるいは比較的低次のオーバートーンで動作する超小型のVHF、UHF帯域用圧電共振子の実現を目指

して、半導体結晶基板を使用した圧電薄膜共振子が研究されている。例えば、1980年IEEE学会の超音波シンポジウムにおける論文集あるいは1983年第12回E Mシンポジウムにおける論文集等において発表されているもので、第1図ないし第2図に示す如きものが知られている。尚、第1図は圧電膜として酸化亜鉛( $ZnO$ )を用いた圧電薄膜共振子の斜視図であり、第2図はその構成を示すものでA-A'面における断面図である。ここで、中央部に凹部が形成されている振動子支持体6はシリコン(Si)基板1とその両面に積層した酸化シリコン( $SiO_2$ )薄膜2から成る。その酸化シリコン( $SiO_2$ )薄膜2の上に第1の電極3が形成されている。第1の電極3の上に酸化亜鉛( $ZnO$ )圧電膜4が形成され、さらに、圧電膜4の上に第2の電極5が形成されている。酸化シリコン( $SiO_2$ )薄膜2は共振子としては必ずしも必要なものではないが、酸化亜鉛( $ZnO$ )圧電膜4に対して異符号の温度係数を有することから、この性質を利用して零温度係数化を図る為に設けら

れている。このようにして作られたこの圧電薄膜共振子は、次の様な特長を持っている。即ち、

① 100MHz～数GHzの周波数帯において基本モードあるいは低次モードで動作する。

② 電気機械結合係数 $K_t$ が大きく広帯域化が計れる。

③ 圧電膜と異符号の弾性ステイフネスに対する温度係数をもつ酸化シリコン( $SiO_2$ )膜との組合せにより零温度係数が得られる。

④ 共振子の超小型化が可能である。

⑤ 共振子の製作工程が一般的な集積回路とコンパチブルであるため、集積回路内に組み込むことが可能である。

⑥ 従来のバルク波共振子のように板ばね等で支持する必要がなく、使い易い。

等である。

ところが、このようなシリコン(Si)基板の中央部に凹部を形成した圧電薄膜共振子では、①酸化シリコン( $SiO_2$ )膜がシリコン(Si)基板と異符号の弾性ステイフネスに対する温度係数をもつ

ため、破損したりふくれるという現象を呈することがある。②耐酸・耐アルカリ・耐湿等の点で圧電膜の保護が不十分で信頼性に難がある。③シリコン(Si)基板を異方性エッチングにより加工する場合、酸化シリコン( $SiO_2$ )表面が荒されやすく、従つて酸化シリコン( $SiO_2$ )膜厚をあまり薄くすることができない、という問題点があつた。  
〔発明の目的〕

本発明は、超小型で高周波帯域で動作するとともに、信頼性の高い圧電薄膜共振子を提供することを目的とする。

〔発明の概要〕

上記目的を達成するために、本発明においては、少なくとも一面にチタ化シリコン( $Si_3N_4$ )を主成分とする薄膜を積層したシリコン(Si)基板の中央部を薄肉に加工することにより振動子支持体を形成し、この振動子支持体上に少なくとも圧電膜を含む圧電体及び励振用電極をそれぞれ形成し、さらに少なくとも前記圧電体を酸化シリコン( $SiO_2$ )を主成分とする被覆体で覆つた圧電薄膜共振子を

提供する。

〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。第3図は、本発明に係る圧電薄膜共振子の斜視図であり、第4図は、本発明に係る圧電薄膜共振子の構成を示すものでB-B'における断面図である。尚、図面中同一箇所については同一符号を付している。

まず、シリコン(Si)基板10の両面にはチタ化シリコン( $Si_3N_4$ )を主成分とする薄膜(以下、「チタ化シリコン( $Si_3N_4$ )系薄膜」という。)11を積層してある。さらに、チタ化シリコン( $Si_3N_4$ )系薄膜11の片面の一部を、例えばリン酸( $H_3PO_4$ )を使い、方形にエッチング加工する。そして、方形の窓12を開けた薄膜11面側からシリコン(Si)基板10を異方性エッチングし、中央部が凹部形をした振動子支持体18を形成している。尚、シリコン(Si)基板10及び方形の窓12を加工していない面のチタ化シリコン( $Si_3N_4$ )系薄膜11の厚みは、所望する共振子

の共振周波数及びシリコン(Si)基板10の中央部を加工するエッチング液に対するエッチング量等から定められる。窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜11は化学的にも熱的にも安定であるため、従来の酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )に比べ極めて薄いもので十分である。さらに、機械的性質が優れているので、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )の場合のように破損したりふくれたりする虞れがない。また、薄膜11の組成は必ずしも100%窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )である必要はなく、窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )を主成分とし化学的・物理的に窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )と同様の物性を有するものであれば足りる。次に、中央部が薄肉の振動子支持体18の上には第1の電極14が形成されている。この第1の電極14は圧電体15に電圧を印加し共振させるためのものであり、圧電薄膜共振子の共振特性を考慮してその形状等が定められる。この第1の電極14は、例えばAl、Cr-Au、Ti-Au等を電極材料として形成することができる。一般的に、第1の電極14を振動子支持体18上に形

成する場合、第1の電極14の振動部分が、振動子支持体18の凹部13の中央に略対向する位置に在るように形成する(第4図)。これは、振動部分の厚み縦振動のみを利用し、不要振動による影響をなくするためである。第1の電極14の振動部分上には圧電膜を含む圧電体15が形成される。圧電体15は、所望の共振特性により、圧電膜と誘電体膜との組合せから成る多層構造とすることもできる。圧電体15を構成する圧電膜は所望する共振周波数やその温度係数及び電気機械結合係数の大きさ等からその材質が決定されるが、例えば酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )、窒化アルミニウム( $\text{AlN}$ )、硫化カドミウム( $\text{CdS}$ )等が周知である。これらの中で、特に酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )は、電気機械結合係数が大きくしかも膜の形成が容易であることから好適である。この圧電体15の厚み $t$ ( $\mu\text{m}$ )は、所望の共振周波数を $f$ ( $\text{Hz}$ )、少なくとも圧電膜を含む圧電体15の複合振動膜固有の周波数定数を $N$ ( $\text{Hz}\cdot\mu\text{m}$ )とすれば、おおよそ $f=N/t$ なる関係から定められる。圧電体15の上には、第2の

電極16が形成される。この第2の電極16は、第1の電極14と共に圧電体15に電圧を印加し共振させるためのものである。従つて、第2の電極16は、振動部分が圧電体15を介し第1の電極14と略対向する位置に形成するのが望ましい。尚、第1の電極14と第2の電極16は必ずしも上述の実施例の如く、圧電体15の上下にある必要はない。即ち、圧電体15を共振させるため圧電体15の構造等に応じて配置・形成するからである。第2の電極16は第1の電極14と同じ材質で造ることができる。さらに、圧電体15は被覆体17によつて略すつぽり覆われている。このとき、第1、第2の電極14、16についても例えばリード線取付部分を除き被覆体17で覆つてもよい。この被覆体17は、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )を主成分とするもので、弾性ステイフネスに対する正の温度係数をもつ。従つて、一般に負の温度係数をもつ圧電膜材料に対し温度補償ができる為共振子の温度特性を良好なものとすることができる。さらに、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )膜は化学的に

安定であるから、圧電体15や各電極14、16を外界あるいは周囲雰囲気から保護するのに適し耐酸・耐アルカリあるいは耐湿の点から共振子の信頼性を高めることができる。また、被覆体17の組成は必ずしも100%酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )である必要はなく、例えば酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )にリンを数%~10%程度ドーブしたPSG(Phospho Silicate Glass)や、ボロンとリンをドーブしたBPSG(Boro Phospho Silicate Glass)等でも良い。

次に、本発明に係る圧電薄膜共振子をどのように製造するか、その一実施例を説明する。第5図はその製造工程を示す説明図である。まず、第5図aに示す如く、いわゆる結晶面を表わすミラー指数で(100)面をなすシリコン(Si)基板10の両面に窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )を主成分とする薄膜11をCVD(Cheical Vapor Deposition)法により形成する。この窒化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜11は化学的にも熱的にも極めて安定であり、シリコン(Si)基板10のエッチング液に対

するエッチング速度から最小厚さが決定される。次に第5図bに示す如く、フォトレジストをマスキング材として用い、シリコン(Si)基板裏面のチツ化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜11の一部分をリン酸( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )でエッチングして方形の窓12を開ける。この窓12はシリコン(Si)基板を異方性エッチングする際のゲージとなるもので、その大きさは圧電体15の外形寸法を考慮して定められる。なお、窓12の形状は円形であつても差し支えない。いずれにしてもシリコン(Si)基板は異方性エッチングすると、結晶面(111)に沿つてエッチングされるからである。その次に第5図cに示す如く、方形の窓12を開けた方のチツ化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜11をマスクとして利用し、例えばPED液を用いてシリコン(Si)基板10の異方性エッチングを行ないピラミッド形の穴13を形成する。ここでPED液とは、ピロカテコール $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ 、エチレンジアミン $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$ 、及び水 $\text{H}_2\text{O}$ の混合液である。この液はエッチング速度の結晶方位依存性が大きい。

従つて、一辺がミラー指数で(110)方向に平行な矩形を底面とし(111)面を斜面とするピラミッド形の穴が、窓12に外接して掘れることになる。このようにして中央部が薄肉の振動子支持体18を造ることができる。振動子支持体18が出来たら、窓12を開けてない方のチツ化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜11上に第1の電極14を形成する。この形成は、フォトリソグラフィやリフトオフ法あるいは金属マスク法等の手法を用い真空蒸着等により行うことができる(第5図d)。圧電体15は、第1の電極14の上に例えばRFマグネトロンスパッタリング法により形成される(第5図e)。さらに、第5図fに示す様に、圧電体15の上に第2の電極16を形成する。この場合、フォトリソグラフィの手法によると圧電体15の表面を損傷する虞れがあるので、金属マスクを用いて真空蒸着法によるのが望ましい。最後に、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )を主成分とする被覆体17をRFマグネトロンスパッタリング法等により形成することにより(第5図g)、本発明に係

る圧電薄膜共振子を製作することができる。

上述した製造工程では、チツ化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜11を積層し中央部を薄肉に加工したシリコン基板10上に、圧電体15や各第1の電極14、第2の電極16をそれぞれ形成していつたが、これに限定されることはない。即ち、第6図に示す如く、チツ化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜11を積層したシリコン基板10そのものに、第1の電極14、圧電体15、第2の電極16及び被覆体17をそれぞれ形成する(第6図a~d)。次に、PED液のマスクに使えるAg, Au, Cu, Ta等の金属膜19を形成する(第6図e)。その後、シリコン基板10を異方性エッチングにより中央部が薄肉となるように加工し(第6図f)、最後に金属膜19をエッチングにより除去する(第6図g)ことによつても、本発明に係る圧電薄膜共振子を製作することができる。

この製造工程によれば、圧電体15や各電極14、16を形成した後、シリコン基板10の異方性エッチングを行なうので、共振子の振動部分

即ち、薄膜部分における熱や異種材料の使用による応力歪を極力小さく押えることができ耐プロセス性も良好なものとすることができる。

(発明の効果)

本発明によれば、少なくとも一面にチツ化シリコン( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )系薄膜を積層したシリコン(Si)基板の中央部を薄肉に加工しているので、振動部分薄膜の機械的性質が向上し、破損したりふくれたりする欠陥が減少し超小型で高帯域用の圧電薄膜共振子を得ることができる。さらに、圧電体を酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )で覆つているので、従来の共振子と同様に温度特性に対する補償が出来るだけでなく、この酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )は圧電体に対する保護層として作用し、特に湿度に対して不安定である圧電体を有効に保護する。従つて、耐環境性も優れている。

#### 4. 図面の簡単な説明

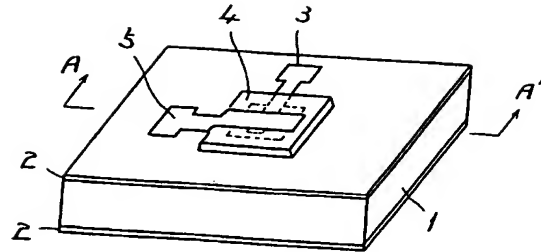
第1図は従来の圧電薄膜共振子を示す斜視図、第2図は従来の圧電薄膜共振子の構成を示すもので、第1図a'における断面図、第3図は本発明の一実

施例に係る圧電薄膜共振子を示す斜視図、第4図は本発明の一実施例に係る圧電薄膜共振子の構成を示すものでB-B'における断面図、第5図は本発明の一実施例に係る圧電薄膜共振子の製造工程を示す説明図、第6図は他の例に係る製造工程を示す説明図である。

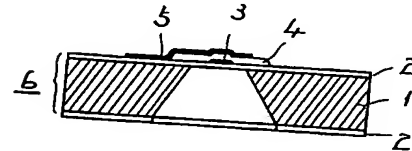
- 1, 10… シリコン (Si) 基板  
 6, 18… 振動子支持体  
 11… チタニウムシリコン ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) を主成分とする薄膜  
 3, 14… 第1の電極      4… 圧電膜  
 15… 圧電体      5, 16… 第2の電極  
 17… 酸化シリコン ( $\text{SiO}_2$ ) を主成分とする薄膜  
 19… 金属膜

代理人 弁理士 則 近 意 佑 (ほか1名)

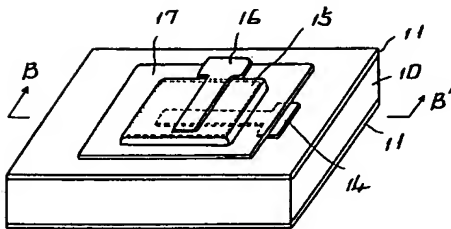
第 1 図



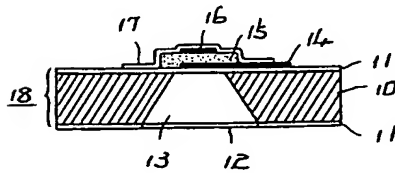
第 2 図



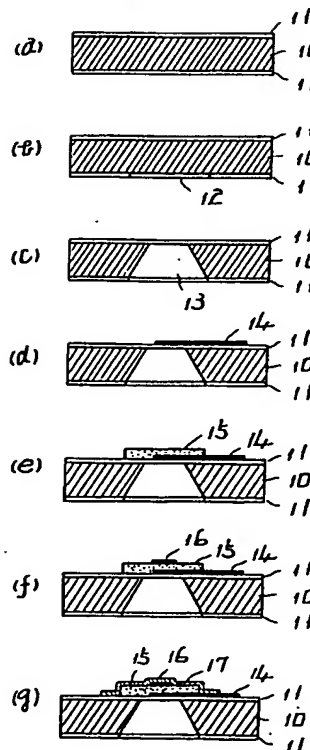
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

